ESTUDIOS DE TRANSITORIOS ELECTROMAGNÉTICOS PARA LA ESPECIFICACIÓN DE BANCOS DE CONDENSADORES EN MEDIA TENSIÓN Y SUS EQUIPOS DE MANIOBRA

Ing. Michel Artenstein M.Sc. Ing. Graciela Calzolari Ing. Ignacio Ponce de León

Ing. Adriana Salvia Ing. Alejandro Segade Ing. Freddy Rabín

U.T.E. - Estudios y Proyectos (*)

RESUMEN

En este trabajo se describen los estudios de transitorios electromagnéticos realizados en la fase de proyecto de una instalación de 6 bancos de condensadores de 27 MVAR en 31.5 kV destinados a compensar energía reactiva en la red de Montevideo.
Se indican los modelos utilizados, las principales maniobras y casos de falta simulados con el programa A.T.P. (Alternative Transients Program) y la aplicación de los resultados a la coordinación de aislación y a la selección de las principales características de los condensadores y de sus equipos de maniobra asociados.

PALABRAS CLAVES

Condensadores , Especificación , Transitorios electromagnéticos.

1.0 - INTRODUCCIÓN

Debido al aumento de la demanda en la red uruguaya surge la necesidad de colocar bancos de condensadores para mantener los niveles de tensión dentros de los margenes aceptables en condiciones de régimen y contingencia *n*-1. Estos condensadores se colocarán en los terciarios de los transformadores reductores de las nuevas estaciones de 500 kV Montevideo I y San Carlos.
Este trabajo busca determinar los valores máximos de tensiones y corrientes que deberán soportar los condensadores de Montevideo I y sus equipos asociados para su especificación. Para ello se realizaron estudios de energización, cortocircuitos trifásicos, tensión de restablecimiento y rechazo de carga relevándose en cada caso las variables de interés para el transitorio analizado.

2.0 - PROBLEMA EN ESTUDIO

Se consideró un escenario de máximo hidráulico que requiere la puesta en servicio de los condensadores.

2.1 - Equivalente de la red

Se trabajó con un equivalente de la red visto desde las barras de Palmar 500 kV, Montevideo B 500 kV y Montevideo A 150 kV, representándose el resto del sistema y detallando la estación en estudio. Este equivalente se construyó para los estudios de condensadores de las dos estaciones Montevideo I 500 kV y San Carlos 500 kV.
La obtención de los parámetros de la matriz de impedancias del equivalente, visto desde las tres barras antes mencionadas, se obtuvo mediante el programa A.T.P., aislando la parte de la red a equivalentar, cortocircuitando las fuentes de tensión en esa porción del sistema e inyectando corrientes en cada uno de las puertas del equivalente midiendo las tensiones que aparecen en cada una de las puertas.
El equivalente se completa con las fuentes de Thevenin correspondientes del flujo de carga, situación de régimen previa a cada maniobra.
La red para las simulaciones con A.T.P. se muestra en la Figura 1.

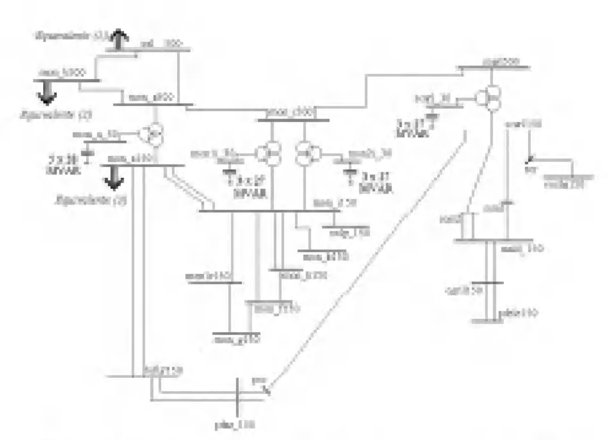


Figura 1 : Red modelada en las simulaciones en A.T.P.

(*) Calle : Paraguay 2431 , 6to. piso - C.P. 11800 - Montevideo , Uruguay
Fax : 598 2 2037850 ; e-mail : uteeyptr@adinet.com.uy

2.2 Unifilar de la estación Montevideo I

Analizando técnica y económicamente las distintas configuraciones posibles de la estación se concluyó que la configuración de barras separadas en 31.5 kV es la más razonable.
Se considera la posibilidad de unir las barras a través de un seccionador o disyuntor, que normalmente operará abierto, para poder conectar los condensadores de una barra en el terciario del transformador de la otra barra.
Se observa la conexión de los servicios auxiliares respaldados por una llegada desde de la estación de Montevideo I 150 kV.
La Figura 2 muestra el esquema unifilar de las estación.

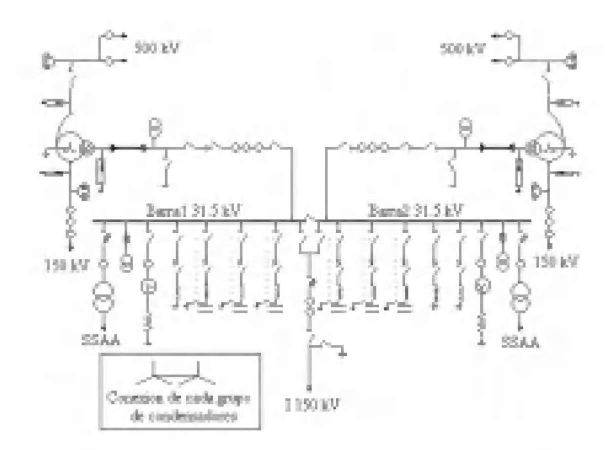


Figura 2 : Unifilar de la estación Montevideo I

Se define para el estudio, que los condensadores estarán constituidos de seis módulos de 27 MVAr (total 162 MVAr). Se especificaron a una tensión nominal mayor a los 31.5 kV para mejorar su vida útil.
Se calcularon de acuerdo a [1] los reactores de choque correspondientes a estos bancos de condensadores, resultando un valor tentativo para el reactor de choque 150 μH. Luego de realizar los estudios se concluyó que 400 μH es un valor más apropiado para este caso.
También se modelaron las pérdidas de los bancos de condensadores mediante una resistencia en serie de 0.0055 Ω.
No se modelaron los reactores de compensación en las simulaciones debido a que no estarán conectados simultáneamente con los condensadores.

3. ESTUDIOS DE ENERGIZACIÓN

Para cada caso se realizaron 100 energizaciones estadísticas para determinar la peor sobretensión considerando la dispersión en los contactos del interruptor (5 ms).
Se consideraron los casos de energización del primer banco, con y sin falta (1FT), energizaciones back to back del tercer banco de condensadores en una misma barra y del sexto banco.
También se consideró la posibilidad de energizar todos los bancos de una misma barra a la vez, cerrando el disyuntor de barra (salida de transformador).

Tensiones máximas

Los valores máximos encontrados están entre 2 p.u. y 3 p.u. (en base de tensión en 31.5 kV, la cual corresponde a 25 kV de pico y por fase), los cuales están dentro de los valores admisibles de [2] (70 kV r.m.s. o sea 3.85 p.u.).
Se concluye que el nivel de aislación estándar es suficiente.

Frecuencias obtenidas

En estas maniobras se obtuvieron frecuencias del orden de 1.25 kHz.

4. ESTUDIOS DE CORTOCIRCUITOS TRIFÁSICOS

Los cortocircuitos se efectuaron en un peor caso : todos los bancos en servicio.
Se realizaron cortocircuitos en bornes del condensador, a la salida de los disyuntores, en ambas barras de 31.5 kV y a la salida del cable de alimentación. En cada caso se buscó el peor instante para la aplicación de la falta dentro de la onda de tensión. Se simularon veinte instantes de aplicación de la falta dentro de medio ciclo.

Corrientes máximas de falta

Los valores máximos muy altos de corriente de cortocircuito (100 kA) corresponden a la descarga inicial del banco cuando se produce la falta en sus bornes.

Corrientes por los disyuntores de banco

Los disyuntores de banco no deberán maniobrar los condensadores, simplemente deberán poder cerrar y aguantar cerrados en caso de cortocircuito.
Se consideró el criterio de que la corriente máxima que deban soportar los disyuntores cerrados sea inferior a dos veces y media el valor eficaz del poder de corte del mismo (ver ítem 8)).
La corriente máxima por los disyuntores de banco es 72.1 kA, inferior al valor aceptable 2.5 * 31.5 kA = 78.75 kA. Esta condición hace que se deba especificar los disyuntores de banco de 31.5 kA.

Variación de la corriente por el disyuntor de banco con la variación del tamaño de los reactores de choque.

Los valores máximos obtenidos para la corriente del disyuntor de banco, considerando los reactores de choque en valores 50 μH , 150 μH y 400 μH se observan en la Tabla I.

Tabla I : Corriente máxima vs. reactores de choque

Reactor de choque (µH)	Corriente (kA)
50	74.3
150	72.1
400	68.9

Se concluye que la corriente por el disyuntor de banco no se reduce significativamente con el aumento de los reactores de choque.
Se relevaron las formas de onda de la corriente para cada caso, observándose que al aumentar el reactor de choque la oscilación superpuesta debida a los bancos aumenta su duración (aumenta la constante de tiempo). Igualmente se produce una superposición de los máximos entre el aporte de los bancos y el aporte de la red en los tres casos.

Corrientes por los elementos de maniobra de otras salidas (servicios auxiliares)

Este es un peor caso en el cual los tres bancos de una misma barra descargan sobre la falta a través del elemento de maniobra. La corriente máxima en este caso es 93.7 kA. Este valor varía con el aumento del reactor de choque como lo muestra la Tabla II :

Tabla II : Corriente máxima vs. reactores de choque

Reactor de choque (µH)	Corriente (kA)
150	93.7
400	86.8
800	77.8

Corrientes por los disyuntores de barra

El máximo valor de corriente por el disyuntor de barra debe cumplir el mismo criterio que en los casos anteriores. Esto se cumple en nuestro caso pues la corriente máxima por los disyuntores de barra es 67.5 kA, inferior al valor aceptable 2.5 * 40 kA = 100 kA (los disyuntores de barra se especificarán con un poder de corte de 40 kA, lo cual aumenta la tensión de restablecimiento transitoria admisible (ver ítem 5)).

Frecuencias obtenidas

Las frecuencias obtenidas son del orden de 1.4 kHz.

5. ESTUDIOS DE TENSIÓN DE RESTABLECIMIENTO TRANSITORIA (TRT)

Para el estudio de las TRT se simuló la apertura en falta (cortocircuito en bornes) del disyuntor de entrada a la barra que es el único que despeja faltas. Los interruptores propios de cada banco son únicamente de maniobra.

Para este estudio se colocaron las capacidades parásitas de los transformadores de Mont. I según los protocolos de ensayos.
Se corrió el caso de TRT en el disyuntor de barra1 obteniéndose una tensión máxima de 52 kV y una pendiente inicial de 1.89 kV/µs. Los valores no son aceptables si observamos la Tabla III que contiene los valores límites de tensión máxima y pendiente dados por [1]. Se encuentra que la pendiente es mayor a la admisible (hay que observar que la corriente (22 kA) es aproximadamente un 60 % del poder de corte del interruptor (40 kA).

Tabla III : Valores límites de tensión máxima y pendiente (modelo de dos parámetros)

Clase de Tensión (kV)	I_{cc} / $I_{corte\ nominal}$ (%)	Tensión Máxima (kV)	Pendiente (kV/µs)
36	100	62	0.57
36	60	66	1.44
36	30	66	2.88
36	10	66	2.88
52	100	89	0.67
52	60	96	1.68
72.5	100	124	0.75
72.5	60	133	1.85

Una posible solución es colocar una capacidad fija a la salida del transformador que reduzca la pendiente de la T.R.T. Se observó que un valor de 50 nF por fase torna los valores anteriores admisibles (tensión máxima 52.6 kV y pendiente inicial 1.26 kV/µs). Para una capacidad de 30 nF , se está prácticamente en el valor de límite de pendiente.
Otra posible solución sería colocar reactores limitadores de la corriente de cortocircuito con lo cual los valores admisibles por la norma se flexibilizan. Considerando un valor de reactor limitador que lleve la corriente de cortocircuito al 30 % de su poder de corte se obtiene un valor máximo de 66.7 kV y una pendiente de 1.43 kV/µs, valores casi admisibles.
Se consideró finalmente la posibilidad de aumentar la cantidad de cable del lado fuente, armando el terciario de 31.5 kV de los transformadores con cable, lo cual nos proporciona la capacidad suficiente para considerarse dentro de los límites de la norma recordando que la corriente real de cortocircuito es del orden del 60 % del poder de corte del disyuntor. Esto define el poder de corte de los disyuntores de barra de por lo menos 40 kA.

6. ESTUDIOS DE RECHAZO DE CARGA

Se analizó el aumento de tensión en barras de 31.5 kV por rechazo de carga en barras de 150 kV, debido a la colocación de condensadores para compensación. Es de interés saber si se supera o no la máxima tensión que permite la apertura del disyuntor del conjunto de los bancos.

Con la presencia de los seis bancos en servicio, se simuló la apertura de la barra de 150 kV (se abrieron las líneas que a ella llegan y el transformadores) obteniéndose una tensión máxima de 37.6 kV. Este valor se reduce a 36.5 kV luego de 1 s.

7. ESTUDIOS PARTICULARES

7.1 Apertura de un banco aislado

Se determinaron los valores de tensión máxima de restablecimiento del disyuntor para el caso en que se produzca la apertura de un banco.

Se consideraron 4 casos :

- Apertura de banco aislado : Estando el sistema en régimen se produce la apertura del disyuntor de un banco en Montevideo I. Se consideraron los restantes bancos en servicio.
- Apertura de banco aislado con polo preso : Similar al primer caso abriendo solo dos de las tres fases.
- Apertura de banco aislado con una fase cortocircuitada : Similar al primer caso con una fase cortocircuitada en todo momento.
- Apertura de banco aislado con una fase puesta a tierra : Similar al primer caso con una fase puesta a tierra.

La Tabla IV muestra los resultados de las tensiones máximas en bornes del disyuntor a abrir.

Tabla IV : Tensiones máximas de apertura de banco aislado.

Caso	Tensión máxima (kV)	Tensión máxima (p.u.)
Apertura de banco aislado	71.4	2.78
Apertura de banco aislado con polo preso	104.2	4.07
Apertura de banco aislado con una fase cortocircuitada	85.1	3.31
Apertura de banco aislado con una fase puesta a tierra	78.6	3.06

Observaciones :

- Los valores calculados en p.u. se tomaron respecto de la tensión de pico por fase, es decir 25.7 kV.
- En los valores de la tabla se consideró un tiempo de simulación de 60 ms.
- Para el caso 4, se observa que la tensión tiende a seguir creciendo. Para este caso se estudió el comportamiento para hasta un tiempo de simulación de 1 s obteniéndose un valor máximo de 82.3 kV. La tensión se estabiliza pocos ciclos después de los 60 ms.

Teniendo en cuenta que los disyuntores se ensayan normalmente a 2.8 p.u. en base 36 kV (esto es 3.2 p.u. en base 31.5 kV) se encuentra que los valores para los casos 2 y 3 exceden este valor. Para tales casos se admitirá la posibilidad de reencendido. Se simuló el reencendido obteniéndose valores de sobretensiones de 2.3 p.u. en barras de 31.5 kV.

7.2 Análisis del comportamiento de los transformadores de corriente durante un cortocircuito (tensiones secundarias)

Se realizaron cortocircuitos en bornes del banco de condensadores para relevar las formas de onda y valor máximo de tensión en el secundario de los transformadores de corriente (TC) del banco.
Para este cortocircuito circula por el TC del banco en falta, la componente del sistema más el aporte de los otros dos bancos.
El secundario del TC se modeló con : una resistencia más inductancia (carga), la capacidad del cable de comunicación y el varistor de protección contra sobretensiones.
Además se consideró el modelo de TC con y sin su resistencia de magnetización (resistencia de pérdidas).
Los resultados están indicados en la Tabla V.

Tabla V : Tensiones máximas en los secundarios de los TCs.

Varistor	Capacidad	Resistencia de pérdidas	Tensión máxima en el secundario
NO	NO	NO	16 kV
NO	NO	SI	1.90 kV
NO	SI	SI	1.93 kV
SI	NO	NO	200 V

8. APLICACIÓN DE LOS ESTUDIOS A LA ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPAMIENTO DE 31.5 kV.

8.1. Introducción

Los estudios descritos en los capítulos anteriores se han utilizado ya sea para especificar diversas características de los equipos como para verificar que las características normalizadas predefinidas son adecuadas. Se indican a continuación los principales resultados al respecto, en que los valores p.u. se refieren a la tensión de cresta nominal fase-tierra (25.7 kVcr).

8.2. Niveles de aislación generales

El nivel de aislación de todos los equipos se ha definido en base a los resultados relevantes de los estudios de maniobra en lo que se refiere a sobretensiones.
Los casos más críticos son los siguientes:
- Energización de banco aislado en condiciones de falta fase-tierra, para el cuál se ha obtenido una tensión máxima

de 2.74 p.u. (valor correspondiente al reactor de choque de 150 μH), valor inferior al nivel de aislación normalizado a frecuencia industrial para equipos de esta clase de tensión, que es 70 kV r.m.s. fase - tierra (3.85 p.u.).

- Reencendido durante una maniobra de apertura de banco por polo preso, para el cuál se ha obtenido una tensión máxima de 2.3 p.u., valor inferior al nivel de aislación normalizado a impulso para equipos de esta clase de tensión, que es 170 kVcr (6.61 p.u.). Se hace notar que la forma de onda típica de un "restrike" sugiere que es más razonable comparar con el nivel de aislación en onda de impulso y no a frecuencia industrial.

8.3. Bancos de condensadores

La máxima corriente de "inrush" (para los casos de energización "back to back", 11 kA) o "outrush" (alimentación por el banco de una falta trifásica en barras de 31.5 kV, 13.9 kA) que circula por cualquiera de los bancos obtenida en los estudios es del orden de 14 kAcr, valor inferior al normalizado por [4] de 56.1 kAcr (100 veces la corriente nominal del banco). Se hace notar que la Norma se refiere esencialmente a corrientes de "inrush", por lo que incluir en la comparación también a las corrientes de "outrush" obtenidas es un criterio conservador (dado que estas corrientes, originadas por faltas externas, se darán con mucho menos frecuencia que las de "inrush").

8.4. Reactores de amortiguación

El valor nominal mínimo de inductancia de los reactores de amortiguación se obtuvo mediante un procedimiento de tanteo en los estudios, en el cuál la principal limitante fue obtener valores de corriente de "outrush" por los equipos de maniobra compatibles con los poderes de corte y cierre normalizados de estos equipos que son habituales en el mercado. Se hace notar que estos reactores también definen las corrientes de "inrush" por energización "back to back" necesarias para especificar características de los bancos de condensadores y de los disyuntores, pero estas corrientes no resultaron críticas para la selección del reactor. Como ya se ha explicado, el valor inicial de tanteo correspondió al de un reactor de inductancia definida por las fórmulas teóricas de la norma IEC 56, el cuál (a consecuencia del aporte importante de corriente de cortocircuito del sistema externo y los altos tiempos de extinción de las corrientes aportadas por los bancos, no tenidos en cuenta por la norma) resultó bastante inferior al valor de 400 μH finalmente elegido.

A los efectos de definir el nivel de aislación longitudinal del reactor, se indicó que el reactor deberá ensayarse con tensión inducida al doble de la tensión máxima entre terminales resultante de las corrientes de "inrush" o "outrush" que circulan por él (de acuerdo a la norma IEC 289). El caso crítico resultó el asociado a una falta trifásica entre el reactor de amortiguación y el banco de condensadores, que origina corrientes por el reactor de 57 kAcr, 500 Hz, y tensión longitudinal resultante del orden de 72.0 kVcr.

8.5. Disyuntores

8.5.1. Corriente de "inrush"

Siguiendo los lineamientos de las Normas IEC se especificó para cada disyuntor su capacidad de cierre de corriente de "inrush", indicando el valor de cresta de corriente y su frecuencia.

<u>Disyuntores de banco de condensadores</u> : Se especifica un valor de corriente de "inrush" "back to back" obtenido de las simulaciones de cierre de un banco con los otros energizados de 12.5 KAcr, 1.5 kHz

<u>Disyuntores de barra (salida de transformador)</u> : Dado que se pretende que estos equipos sean capaces de energizar uno cualquiera o el conjunto de los 3 bancos asociados a un transformador, se especifica un valor de corriente de "inrush" para banco aislado de 10 kAcr, 500 Hz (cálculo teórico). Dado que el valor de frecuencia aumenta al disminuir el número de bancos que se energizan, se ha especificado la "envolvente" de los peores casos de energización : corriente para la energización de los 3 bancos juntos, frecuencia para la energización de 1 banco.

8.5.2. Poder de corte y de cierre

En todos los casos, se decidió comparar el poder de cierre de los disyuntores (que en forma normalizada es 2.5 veces su poder de corte simétrico) con los valores máximos de corrientes de "outrush" obtenidos de los estudios, con un criterio similar al indicado en [5]. Cabe destacar que a diferencia de las corrientes de "inrush" que, de acuerdo a las normas IEC deben especificarse en corriente y frecuencia constituyendo un valor de diseño del disyuntor, este criterio no está normalizado por las normas IEC. Dadas las dudas que genera la validez de esta comparación debido a que la alta frecuencia de las corrientes de "outrush" tenderá a generar más "prestrikes" (reencendidos previos) durante el cierre que un cierre sobre corriente de cortocircuito a frecuencia fundamental, en todos los casos la especificación de los equipos incluye los valores y frecuencias de corrientes de "outrush" obtenidas en los estudios, a efectos de que el fabricante los tenga en cuenta durante el diseño [6].

Los resultados obtenidos son los siguientes :

<u>Disyuntores de banco de condensadores</u> :

Corriente de "outrush" máxima : 69 kAcr (caso : falta trifásica en bornes del disyuntor, con los restantes bancos en servicio), por lo que el poder de cierre del disyuntor se especifica de 80 kAcr. Dado que en el esquema de maniobra elegido los disyuntores de bancos de condensadores no deben abrir faltas (las faltas las abre el disyuntor general de la barra a la salida del transformador), se acepta que los equipos de maniobra de bancos no sean disyuntores propiamente dichos, pero imponiendo en todos los casos la capacidad de cierre sobre una corriente de 80 kAcr. En caso de que estos equipos

sean disyuntores, su poder de corte quedará condicionado a 80 / 2.5 = 31.5 kA r.m.s.
Disyuntores de barra (salida de transformador) :
Corriente de "outrush" máxima : 67.5 kAcr (caso : falta trifásica "atrás" del disyuntor, entre él y el transformador), por lo que se podría especificarle un poder de corte de 31.5 kA r.m.s. Si bien este valor es también adecuado para el nivel de cortocircuito en barras de 31.5 kV, se decidió pasar su poder de corte a 40 kA r.m.s., por las consideraciones de TRT que se indican al describir dichos estudios. Cabe destacar que estas consideraciones de TRT son independientes de la presencia de los bancos de condensadores, siendo propias del desempeño de cualquier disyuntor de media tensión ubicado a la salida de un transformador de potencia.

8.5.3. Capacidad de maniobra de corrientes capacitivas

El caso crítico a considerar es la necesidad de abrir los bancos de condensadores en condiciones de rechazo de carga en la estación, caso para el cuál (partiendo de una tensión de 1 p.u.) se encuentran sobretensiones en el sistema del orden de 1.19 p.u., amortiguándose a 1.16 p.u. en 1 segundo.
Los estudios de apertura de los bancos sin rechazo de carga previo muestran tensiones de restablecimiento típicas para la maniobra de bancos con neutro aislado, del orden de 2.8 p.u. (apertura de banco aislado) entre bornes del disyuntor, en base a la tensión de premaniobra.
Se obtiene en definitiva una TRT máxima esperada en condiciones de rechazo de carga de 1.19 x 2.8 p.u. = 3.33 p.u.
Para disyuntores de clase 36 kV, el ensayo típico de apertura de corrientes capacitivas en bancos de neutro aislado se hace para una TRT de 2.8 a 36 kV, o sea 3.2 p.u., por lo que se ha optado por especificar que el disyuntor soporte un ensayo de maniobra de corrientes capacitivas con una TRT de 3.43 p.u. (equivale a realizar un ensayo monofásico con un factor de sobretensión en la fuente de 1.5 p.u. en vez de 1.4 p.u., que es el valor de Norma).
Para el caso en que un polo quede "preso" o que se suponga la apertura coincidente con una falta en el banco, se obtienen TRT superiores a las de ensayo. Se acepta en tal caso que el disyuntor pueda reencender, verificándose (como se indicó más arriba) que los restantes equipos de la estación puedan soportar las sobretensiones resultantes.
Como medida de precaución adicional, se especificó una dispersión máxima entre polos inferior a la que habitualmente se exige para disyuntores de esta tensión para otros servicios (3 ms en vez de 5 ms), a efectos de prevenir un efecto de "polo preso" involuntario derivado de una alta dispersión entre contactos.

8.6. Descargadores

Los casos de energización de los bancos y aquellos en que se produce un "restrike" durante la apertura de un banco a consecuencia de un polo preso son los críticos para definir la capacidad de disipación de energía del descargador. Los estudios muestran valores de energía almacenada menores que los correspondientes a la especificación estándar, por lo que es posible especificar los mismos descargadores de tensión nominal 36 kV y clase 2 (descarga de ondas de larga duración) normalizados para su uso en esta tensión, para los cuáles la capacidad de disipación de energía para impulso único es del orden de 2.5 kJ / kV nominales.

9. BIBLIOGRAFÍA

[1] - Norma IEC 56 - "High-voltge alternating-current circuit-breakers", 1987

[2] - Norma IEC 71 - "Insulation co-ordination", 1976.

[3] - Norma IEC 289 -"Reactors", 1988.

[4] - Norma IEC 871 - "Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 660 V", 1987

[5] - "Coordinación de aislación e introducción al E.M.T.P.", Apuntes de Curso FURNAS, 1986

[6] - A. D'Ajuz, I. Nunes, M. Pereira, F. Resende, J. Amon, O. Kastrup, F. Salgado, L. Nora, S. Morais, "Equipamentos elétricos, especificação e aplicação em subestações de alta tensão", FURNAS, 1985.

[7] - Roberto Colombo, "Disyuntores em sistemas de potência", Siemens, 1990.

[8] - "Power capacitors", I.E.E.E. Standards Collection, 1994.